

0-797224

*На правах рукописи*



ХАРЛАМОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО  
ВАРЬИРУЮЩИХ ДАННЫХ МЕТОДОМ ГЕОГРАФИЧЕСКИ  
ВЗВЕШЕННОЙ РЕГРЕССИИ НА ПРИМЕРЕ РЫНКА ЖИЛЬЯ  
Г.САРАТОВА**

Специальность 08.00.12 – Бухгалтерский учет, статистика

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук**

Оренбург – 2012

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Саратовский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского»

Научный руководитель кандидат экономических наук, доцент  
Балаш Ольга Сергеевна

Официальные оппоненты: Афанасьев Владимир Николаевич, доктор экономических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный экономический университет», заведующий кафедрой статистики и эконометрики

Дуброва Татьяна Абрамовна, доктор экономических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет экономики, статистики и информатики (МЭСИ)», профессор кафедры математической статистики и эконометрики

Ведущая организация ФГБОУ ВПО «Самарский государственный экономический университет»

Защита состоится 6 марта 2012 г. в 13<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.181.08 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» по адресу: 460018, г.Оренбург, пр.Победы, 13, аудитория 170215.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет».

Автореферат размещен на сайте Министерства образования и науки Российской Федерации <http://vak.ed.gov.ru/dissertation.requirements> и на сайте ОГУ [www.osu.ru](http://www.osu.ru)

Автореферат разослан 4 февраля 2012 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



З.С.Туякова

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КФУ



0000795788

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** За последнее время произошли существенные изменения в способах сбора и представления информации о пространственно распределенных явлениях и процессах. В связи с бурно развивающимися геоинформационными технологиями отображение данных стало иметь ярко выраженный пространственный характер. Одним из способов представления данных, имеющих пространственное распространение, является геокодирование, которое позволяет отображать территориальное изменение характеристик социально-экономических явлений.

Анализ пространственно варьирующих характеристик является одной из новых задач статистического анализа и эконометрического моделирования, в том числе и при исследовании процессов ценообразования на рынке недвижимости. Рынок недвижимости в настоящее время является одной из наиболее динамично развивающихся сфер российской экономики благодаря реализации приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России», а также федеральных целевых программ «Государственные жилищные сертификаты», «Жилище» и др. Реализуемая государственная политика в этом направлении, расширение возможностей ипотеки, рост доходов граждан – стимулируют строительство нового жилья, что, в свою очередь, активизирует рынок жилой недвижимости, как первичный, так и вторичный.

При этом пространственное распределение товара на рынке недвижимости представляет одну из специфических особенностей этого рынка и требует разработки и применения специальных методов, позволяющих эффективно моделировать процессы ценообразования объектов жилой недвижимости.

Пространственно представленные данные включают явную географическую привязку и несут в себе специфическую информацию о местоположении, что требует при их анализе применения специальных методов и моделей в тех случаях, когда применение стандартных методов обработки статистических данных может приводить к неверным результатам.

Разработка специальных методов анализа пространственных данных является нетривиальной задачей, при решении которой необходимо учитывать взаимное влияние объектов на исследуемой территории, а также привязку объекта к конкретному месту.

Актуальность указанных вопросов определила выбор темы диссертационного исследования, научный интерес и практическую значимость его результатов.

**Степень разработанности проблемы.** Вопросам, рассматриваемым в диссертационном исследовании, посвящена обширная литература.

На развитие теории и практики оценки недвижимости существенное влияние оказали труды В.С. Болдырева, С.В. Грибовского, А.Г. Грязновой, В.В. Григорьева, Г.М. Десмонда, М.В. Корыстырева, Е.С. Озерова, Г.В. Попова, М.А. Федотовой и др.

Проблемам анализа пространственно варьирующих данных посвящены работы как многих отечественных: С.А. Айвазяна, В.Н.Афанасьева, Е.З. Демиденко, Т.А.Дубровой, И.И. Елнсеевой, В.С. Мхитаряна, Н.П. Тихомирова, М.М. Юзбашева, и др., так и зарубежных ученых: К. Доугерти, Н. Дрейпера, П. Морлена, П.П. Рао, Г. Смита и др.

Однако, проблеме влияния местоположения на значения характеристик объектов, а также взаимозависимости характеристик соседних объектов достаточного внимания не уделялось, и, как следствие этого, практически не разработаны специальные методы анализа пространственно варьирующих показателей. Необходимость развития подобных методов обусловлена многими причинами, в том числе задачами социально-экономического исследования и моделирования.

Отдельные вопросы учета взаимного влияния характеристик объектов и их пространственной привязки в эконометрических моделях рассматривались в работах О.Н. Громковой, В.Н. Сидоренко, О.И. Стебуновой, Е.И.Тарасевича.

Большое внимание этому вопросу было уделено в зарубежной литературе. Так, методам построения эконометрических моделей для анализа пространственно варьирующих показателей посвящены работы Л.Анселлина (L.Anselin), Ж.П.Лесажа (J.P.LeSage), А.С.Фотеринхайма (A.S.Fotheringham). Локальные методы пространственного анализа данных исследуются в работах Е.Казетти (E.Casetti). Х.Тран (H.Tran) и Я.Ясуока (Y.Yasuoka) рассматривают совместное использование ГИС-технологий и статистических методов анализа пространственно варьирующих данных для региональных исследований. М.Кульчуцкий (M.Kulczycki) и М.Лигас (M.Ligas) иллюстрируют применение пространственных статистических методов для анализа реальных данных о недвижимости, а также ряд работ других авторов.

Значительное количество современных публикаций, посвященных моделям анализа пространственно варьирующих показателей, свидетель-

ствуется о научно-практическом интересе к теме диссертационного исследования. Однако разработка и применение методов и моделей эконометрического анализа пространственно варьирующих данных в нашей стране практически не получили должного развития, а существующие подходы не в полной мере учитывают географическое положение объектов и их взаимные корреляции при анализе рынка недвижимости. Именно поэтому в данной работе исследуются регрессионные модели, использующие представление данных с учетом их координат, позволяющие выявлять локальные специфические особенности развития рынка недвижимости.

**Целью диссертационной работы** является совершенствование методики статистического анализа пространственно варьирующих данных и выполнение на этой основе комплексного исследования рынка жилой недвижимости на примере г.Саратова.

Достижение поставленной цели в диссертации предполагает решение следующих задач:

- изучить теоретические аспекты, проанализировать практический опыт представления пространственно варьирующих данных и разработать способы представления информации, учитывающие взаимное расположение объектов на обследуемой территории;
- исследовать методы анализа пространственно варьирующих статистических данных и обосновать преимущества применения моделей с плавно меняющейся структурой, а именно модели географически взвешенной регрессии (ГВР);
- разработать и осуществить программную реализацию инструментальных средств построения эконометрических моделей ценообразования на жилую недвижимость методом географически взвешенной регрессии;
- провести статистическое моделирование цен недвижимости на вторичном рынке однокомнатных квартир г.Саратова методами классической регрессии, зонирования и авторегрессии;
- исследовать пространственное изменение процесса ценообразования жилья, выявить его локальные особенности с использованием географически взвешенной регрессионной модели;
- провести статистический анализ динамики цен недвижимости и исследовать пространственно-временные тенденции процессов ценообразования.

**Объектом исследования** являются пространственно неоднородные процессы и явления на рынке жилья г.Саратова.

**Предметом исследования** выступают статистические методы и эконометрические модели анализа пространственно варьирующих данных на рынке жилья.

**Область исследования.** Содержание диссертационной работы соответствует пунктам: 4.9. «Методы статистического измерения и наблюдения социально-экономических явлений, обработки статистической информации; оценка качества данных наблюдений; организация статистических работ», 4.11 «Методы обработки статистической информации: классификация и группировки, методы анализа социально-экономических явлений и процессов, статистического моделирования, исследования экономической конъюнктуры, деловой активности, выявления трендов и циклов, прогнозирования развития социально-экономических явлений и процессов» специальности 08.00.12 - Бухгалтерский учет, статистика Паспортов специальностей ВАК (экономические науки).

**Теоретической и методологической основой** исследования послужили труды российских и зарубежных ученых по прикладной математической статистике, эконометрике, анализу временных рядов и прогнозированию, анализу рынка недвижимости, законодательные акты, стандарты оценочной деятельности, материалы конференций, статьи в научных сборниках и периодических изданиях по теме исследования, а также ресурсы глобальной информационной сети Интернет.

Методологическую основу исследования составили методы выборочного наблюдения, сводки и группировки, средних и относительных величин, методы системного анализа, методы эконометрического моделирования и прогнозирования, в том числе, метод географически взвешенной регрессии.

Статистическая обработка и анализ данных проводились с использованием пакетов прикладных программ Stata/SE, MS Excel, а также специально разработанных модулей на языке программной среды Matlab.

**Информационная база исследования** включает официальные статистические данные Федеральной службы государственной статистики (ФСГС) РФ, методологические положения ФСГС РФ, данные о ценах на жилье справочного издания «Квартиры Саратова» и информационного портала [www.topmef.ru](http://www.topmef.ru).

**Вклад автора в проведенное исследование.** В представленной работе автор внес значительный вклад в постановку задач исследования, разработку методических положений, выводов и научно-практических

рекомендаций. В диссертационном исследовании впервые предложена и апробирована методика ГВР статистического моделирования пространственно варьирующих данных на рынке жилья. Все результаты, составляющие научную новизну и выносимые на защиту, получены лично автором.

**Научная новизна** диссертационного исследования состоит в разработке методики статистического анализа пространственно распределенных процессов и явлений на примере стоимости объектов жилой недвижимости г.Саратова.

Наиболее существенные научные результаты:

- обоснована необходимость совершенствования методов статистического исследования локальных особенностей формирования цен недвижимости, учитывающих пространственную неоднородность характеристик и пространственную корреляцию цен объектов, предложено использовать геокодирование для отражения взаимного расположения объектов на обследуемой территории;
- теоретически обосновано преимущество географически взвешенной регрессионной (ГВР) модели с адаптивной весовой функцией с фиксированным числом соседей, как результат критического анализа применения регрессионных моделей с переменной структурой для исследования пространственно распределенных явлений и процессов;
- разработана методика и программная реализация инструментов ГВР для статистического моделирования пространственно варьирующих статистических показателей и визуализации результатов моделирования;
- выявлено наличие пространственной неоднородности и взаимной зависимости статистических характеристик объектов недвижимости в ходе статистического моделирования ценообразования жилой недвижимости методами классической регрессии, зонирования и пространственной авторегрессии;
- выявлены пространственные локальные особенности рынка жилья г.Саратова на основе статистического моделирования с использованием разработанных инструментов ГВР, исследовано изменение коэффициентов модели стоимости жилой недвижимости;
- обоснована целесообразность использования инструментов ГВР для статистического анализа динамики цен жилой недвижимости, исследованы тенденции развития процессов ценообразования и выявлены специфические особенности изменения цен во времени по территории города.

**Теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования** заключается в том, что его основные положения позволяют научно обосновать построение моделей анализа пространственно варьирующих показателей, повысить эффективность оценки стоимости на рынке недвижимости, своевременно принимать административные решения при анализе развития территорий.

Положения диссертационной работы могут быть применены в учебном процессе средних специальных и высших учебных заведений экономико-математического профиля при преподавании дисциплин по «Статистике», «Методам многомерного статистического анализа», «Эконометрике», «Эконометрическому моделированию», «Экономико-математическому моделированию», «Методам социально-экономического прогнозирования».

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на международных, всероссийских конференциях проходивших в городах Саратов (2008г., 2009г.), Москва (2009г.), Нижний Новгород (2010г.), Ульяновск (2011г.).

Исследование осуществлялось при поддержке Российского государственного научного фонда, грант: Эконометрическое моделирование пространственных данных рынка недвижимости г.Саратова 08-02-27209 а/в.

Разработанная методика и программные средства оценки недвижимости методом географически взвешенной регрессии были внедрены и успешно использованы в работе ООО «Агентство Анализа Консалтинга Менеджмента». Результаты исследования также используются в учебном процессе Саратовского государственного университета им. Н.Г.Чернышевского при чтении лекций и проведении практических занятий по курсам «Статистика», «Прикладные аспекты регрессионного анализа», «Эконометрика». Все результаты диссертационного исследования, внедренные в практику предприятий и учебный процесс подготовки квалифицированных специалистов, подтверждены справками о внедрении.

**Публикации.** Основные положения диссертации опубликованы в 27 научных работах общим объемом 16,35 п.л. (авторских 9,44 п.л.), включая одну монографию и 8 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников из 183 наименований и 4 приложений. Работа изложена на 161 странице, содержит 34 таблицы и 17 рисунков.



### **Содержание работы**

*Во введении* обоснована актуальность темы исследования, дана характеристика степени изученности проблемы, сформулированы цель и задачи, определены объект, предмет, методы исследования, отражены положения научной новизны и практической значимости.

*В первой главе* «Проблемы учета местоположения при статистическом анализе цен жилой недвижимости» описывается сущность и структура рынка недвижимости, специфика рынка жилой недвижимости; приводятся известные подходы и методы определения цены жилой недвижимости; анализируются современные тенденции развития рынка недвижимости г.Саратова, проводится сравнение развития регионального и общероссийского рынков; формулируются проблемы учета местоположения объектов при сравнительном подходе к оценке недвижимости, дается обзор литературы, посвященной этому вопросу.

*Во второй главе* «Методология построения эконометрических моделей с учетом территориальной неоднородности» подробно излагаются причины возможной территориальной вариации, приводится методика анализа пространственно варьирующих статистических данных, дается критический анализ используемых моделей, а также описывается метод географически взвешенной регрессии, как обобщение существующих локальных моделей, излагаются аспекты применения географически взвешенных моделей.

*В третьей главе* «Статистическое моделирование цен на рынке жилой недвижимости г.Саратова методом ГВР» описано применение метода географически взвешенной регрессии к исследованию рынка жилой недвижимости г.Саратова, получены количественные оценки параметров классической и географически взвешенной регрессии, проведен сравнительный анализ результатов моделирования, предложена методика оценивания развития региона. Проведено моделирование пространственной автокорреляции

*В заключении* сформулированы основные выводы и результаты диссертационной работы.

### **ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ**

**1. Обоснование и разработка методических аспектов представления пространственно варьирующих характеристик объектов недвижимости, учитывающих их взаимное расположение на обследуемой территории через геокодирование объектов**

Существенной особенностью рынка недвижимости вообще и рынка жилой недвижимости в частности, является фиксированное местоположение «товара» в пространстве. Как следствие этого факта, все, что неотделимо связано с объектом под поверхностью земли, над поверхностью земли и даже на прилегающей соседней территории – все это влияет на рыночную стоимость объекта. Таким образом, встает проблема адекватного учета местоположения объекта на территории города, а также возможные корреляции цен близко расположенных объектов. Учет местоположения объекта через расстояние от этого объекта до некоторого административного центра города не может служить адекватной характеристикой недвижимости для городов со сложной географической конфигурацией. Поэтому при анализе рынка жилой недвижимости необходимо учитывать географическое положение объектов через их координаты. В работе исследовались объекты жилой недвижимости, в характеристики которых наряду с традиционными структурными показателями были добавлены географические координаты. То есть все объекты были геокодированы.

После геокодирования показатели, характеризующие объект получают пространственное представление.

Пространственное представление информации несет на себе специфические особенности. Значения некоторых признаков можно рассматривать как абсолютные, то есть не зависящие от места их измерения, например, производительность труда в обрабатывающей промышленности. Такие признаки можно назвать пространственно постоянными или непространственными, значения других признаков являются относительными и могут быть обусловлены помимо прочего местоположением соответствующего объекта. Признаки, значения которых зависят от местоположения можно назвать пространственно варьирующими или пространственными. Примером пространственного признака может являться уровень безработицы или специфическая заболеваемость.

Пространственные данные имеют сильную территориальную привязку и могут служить источником неоднородности анализируемых статистических процессов или явлений. Очевидно, что методы исследования непространственных данных, например, классическая (глобальная) регрессионная модель, не подходят для анализа пространственных данных, исследование которых требует специфических моделей и подходов.

Обосновывается необходимость построения специальных моделей для анализа социально-экономических явлений. Если в технических исследованиях реальные физические процессы остаются постоянными в

смысле описываемых ими закономерностей и представляются адекватными моделями, то при анализе и моделировании социально-экономических явлений это не так очевидно. Как правило, социально-экономические процессы являются пространственно не постоянными, а выявляемые при этом закономерности будут иметь территориальные особенности. Поэтому при статистическом исследовании следует выяснять, как зависимости могут изменяться в пространстве и существует ли необходимость применения специальных моделей.

## **2. Обосновано преимущество географически взвешенной регрессионной модели, использующей для расчета оптимальных параметров адаптивно меняющиеся ядра с фиксированным числом соседей, как обобщение локальных моделей анализа пространственно варьирующих статистических данных**

Модели, исследующие непространственные данные называют глобальными, модели, исследующие пространственные данные называют локальными. При этом, локальные модели могут служить средством выявления пространственных особенностей в исходных данных, то есть методом обнаружения пространственной неоднородности. Локальные модели могут учитывать местоположение объекта различными способами. В работе обосновывается преимущество использования географически взвешенной регрессии.

В целях выявления зависимостей пространственно представленных показателей в регрессионную модель вводятся координаты. Спецификация модели при этих условиях имеет вид:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) \cdot x_{ik} + \varepsilon_i, \quad (1)$$

где пара переменных  $(u_i, v_i)$ ,  $i = \overline{1, n}$  представляет координаты местоположения объекта. В этом случае для коэффициентов модели  $\beta_k(u_i, v_i)$ ,  $k = \overline{0, p}$  оценки вычисляются в каждой точке  $i$ , где проводились измерения. Причем получаемые оценки также являются функциями координат. Для вычисления оценок коэффициентов в местоположении  $i$  применяют метод наименьших квадратов. В целях выявления местных особенностей используются не все имеющиеся результаты наблюдения, а только наблюдения соседних с местоположением  $i$  объектов. Предполагается, что регрессионные модели для соседних объектов схожи, но могут варьироваться по территории. Степень близости объектов учитывается с помощью весов  $w_{ij}$ . Вектор оценок коэффициентов для каждого местоположения  $i$  вычисляется:

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i) Y = \tilde{N} Y, \quad (2)$$

где  $C$  - матрица линейного преобразования,  $W(u_i, v_i)$  - диагональная матрица весовых коэффициентов размерности  $n \times n$ :

$$W(u_i, v_i) = \begin{bmatrix} w_{i1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & w_{i2} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & w_{in} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Элемент матрицы  $w_{ij}$ ,  $i, j = \overline{1, n}$  определяет степень влияния соседа  $j$  на выявляемые зависимости в местоположении  $i$ . Матрица весовых коэффициентов вычисляется для каждого местоположения. Результатом географически взвешенной регрессии является матрица оценок коэффициентов, полученных для каждого местоположения:

$$\hat{B} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_0(u_1, v_1) \hat{\beta}_1(u_1, v_1) \dots \hat{\beta}_p(u_1, v_1) \\ \hat{\beta}_0(u_2, v_2) \hat{\beta}_1(u_2, v_2) \dots \hat{\beta}_p(u_2, v_2) \\ \dots \\ \hat{\beta}_0(u_n, v_n) \hat{\beta}_1(u_n, v_n) \dots \hat{\beta}_p(u_n, v_n) \end{bmatrix} \quad (4)$$

и несмещенная оценка дисперсии:

$$\hat{\sigma}^2 = \sum_i \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 2v_1 + v_2}. \quad (5)$$

Здесь  $S = XC$  - матрица линейного преобразования  $\hat{Y} = SY$ ,  $v_1 = tr(S)$ ,  $v_2 = tr(S^T S)$ .

В данной ситуации глобальную модель регрессии можно рассматривать как частный случай географического подхода, когда все веса равны единицам и матрица получаемых оценок коэффициентов  $\hat{B}$  будет состоять из одинаковых строк, то есть оценки коэффициентов не будут меняться в зависимости от местоположения построения модели и будут оставаться постоянными на всей обследуемой территории.

Проанализированы различные способы построения весовых коэффициентов: административно-территориальное деление, метод движущегося окна, фиксированные ядра, адаптивные ядра.

Так, при административно-территориальном делении элемент весовой матрицы равен единице для точек, принадлежащих району  $A$  с местоположением  $i$ , и нулю в противном случае:

$$w_{ij} = 1, \text{ если } (i, j) \in A;$$

$$w_{ij} = 0, \text{ если } (i, j) \notin A.$$

При использовании метода фиксированного движущегося окна задают предельно допустимую удаленность объектов от местоположения  $i$ , то есть некоторое фиксированное расстояние  $b$ , относительно которого определяют категорию ближайшего соседа.

Расстояние между исследуемыми объектами находят как расстояние между точками на плоскости. Величина  $b$  фиксирована и называется шириной окна или полосы пропускания.

Подход, в котором веса строятся с учетом непрерывного изменения расстояния между исследуемыми объектами, называют ядерным. Веса являются убывающими функциями расстояния и называются ядрами. Примером вычисления непрерывно меняющегося веса с учетом плотности распределения соседних объектов может служить адаптивное ядро три-куб:

$$w_{ij} = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{b}\right)^3\right)^3, & \text{если } j \text{ один из } m \text{ соседей} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (6)$$

Здесь  $d_{ij}$  - это расстояние между объектами  $i$  и  $j$ , а величина  $b$  представляет ширину полосы пропускания. Оптимальное значение числа ближайших соседей и величины полосы пропускания определялись с помощью метода взаимной ратификации, который заключается в минимизации, например, функционала

$$CV = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{xi}(b))^2 \rightarrow \min, \quad (7)$$

когда само местоположение исключают из рассмотрения.

Обоснована необходимость применения географических весов для вычисления описательных статистик в случае статистического анализа пространственно меняющихся данных.

### 3. Разработана методика и осуществлена программная реализация инструментов ГВР для статистического моделирования пространственно варьирующих статистических показателей и визуализации результатов моделирования

Методика применения ГВР для статистического анализа объектов жилой недвижимости представлена на рис.1. На первом этапе осуществляется отбор показателей характеризующих недвижимость. При этом, показатели, подлежащие регистрации отбираются таким образом, чтобы можно было получить наиболее полную совокупность характеристик объекта недвижимости.



Рисунок 1 - Методика применения ГВР

Далее осуществляется сбор данных и регистрация показателей. На данном этапе происходит первичная обработка данных – с помощью логического и численного контроля отбраковываются ошибочные данные, повторы. В качестве источника информации используются сайты риэлторских агентств и информационного портала [www.topmetr.ru](http://www.topmetr.ru). Собранная информация представляется в электронном виде (MS Excel) удобным для дальнейшей обработки и геокодируется.

Процесс построения ГВР состоит из следующих шагов:

1. Спецификация модели. На этом шаге необходимо выбрать модель: с постоянными коэффициентами, переменными коэффициентами или смешанную. На первом этапе оценивается классическая модель, анализ остатков которой показывает необходимость перехода к следующему шагу;

2. Построение весовой матрицы – это важнейший этап ГВР. На этом шаге определяются способы построения весов и способы вычисления оптимальных параметров;

3. Оценка модели и коэффициентов. На этом шаге вычисляются оценки коэффициентов, прогнозные значения, остатки; строятся доверительные интервалы, проверяются гипотезы о значимости полученных оценок;

4. Проверка качества модели. Здесь проверяется, насколько адекватно модель отражает пространственную изменчивость изучаемого показателя. Остатки модели должны показывать отсутствие пространственной корреляции. При необходимости возвращаются к первому шагу. Выбор между конкурирующими моделями производится по критериям Акайке или Шварца. Если полученная модель ГВР не нуждается в улучшении, то ее используют для получения прогнозов, а результаты моделирования представляют в удобном для визуального анализа и интерпретации виде.

Изложенная методика получила программную реализацию средствами MS Excel, Matlab и SigmaPlot. Листинги программных продуктов даны в работе.

**4. Выявление пространственной неоднородности и взаимной зависимости статистических характеристик объектов недвижимости моделированием ценообразования жилой недвижимости методами классической регрессии, зонирования и авторегрессии.**

Информационной базой исследования послужили данные о продажах однокомнатных квартир на вторичном рынке жилья. Исходные данные были получены от риэлтерских агентств города и с сайта еженедельника газеты "Квадратный метр" (<http://www.1qpmetr.ru>). После первичной обработки численность выборки составила 1813 объектов (квартир). Перечень используемых показателей приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Используемые показатели

$y$	- цена квартиры, тыс. руб.;
$x_1$	- жилая площадь, $m^2$ ;
$x_2$	- площадь кухни, $m^2$ ;
$x_3$	- дополнительная площадь, $m^2$ ;
$x_4$	- логарифм расстояния до центра города, $\ln(m)$ ;
$x_5$	- расположение на первом этаже;
$x_6$	- расположение на последнем этаже;
$x_7$	- дом малой этажности;
$x_8$	- пятиэтажка;
$x_9$	- кирпичный дом;
$x_{10}$	- в хорошем или отличном состоянии;
$x_{11}$	- наличие балкона/лоджии;
$x_{12}$	- высотный дом;
$x_{13}$	- монолитный дом;
$x_{14}$	- наличие улучшений;
$x_{15}$	- административный район;
$u, v$	- координаты.

В качестве центра был выбран исторический центр города - Главпочтамт. Процедура «включения-исключения» спецификации модели позволила выявить качественные показатели, значимо влияющие на цену. Множественная линейная регрессионная модель, учитывающая влияние всех значимых характеристик, имеет вид:

$$\begin{aligned} \hat{y} = & 2242,61 + 24,04x_1 + 19,38x_2 + 20,17x_3 - 226,40x_4 \\ & (1,04) \quad (1,36) \quad (0,79) \quad (2,62) \\ & -68,82x_5 - 53,19x_6 - 57,43x_8 + 38,88x_9 + 36,22x_{10} \cdot \\ & (5,70) \quad (5,34) \quad (5,06) \quad (5,03) \quad (4,20) \end{aligned} \quad (8)$$

Все коэффициенты при переменных значимы (в скобках указаны стандартные ошибки), как и вся модель в целом. Коэффициент детерминации, равный  $R^2=0,7$  показывает, что модель объясняет 70% дисперсии зависимой переменной, что свидетельствует о ее большей адекватности.

Оценки коэффициентов для шести локальных моделей, построенных для соответствующих шести административных районов города, представлены в таблице 2.



Таблица 2 - Значения оценок коэффициентов регрессии по районам

	Октябрьский	Фрунзенский	Волжский	Кировский	Ленинский	Заводской
const	1719,291	1541,793	3602,571	1451,752	2181,409	2708,578
$x_1$	29,26	41,135	13,889	37,43	21,014	21,638
$x_2$	36,898	40,147	0,323	23,199	17,214	16,758
$x_3$	41,401	18,829	18,259	17,537	9,196	7,961
$x_4$	-195,624	-201,115	-327,522	-141,911	-197,011	-249,888
$x_5$	-64,714	-136,724	-117,439	-150,765	-30,476	-46,93
$x_6$	-105,64	-18,582	-58,178	-66,861	-22,819	-66,006
$x_7$	-51,034	-102,201	-33,269	-92,891	-35,169	-74,898
$x_8$	43,567	166,364	25,308	-19,133	19,969	28,272
$x_{10}$	47,709	71,44	31,483	12,806	33,364	28,101

Из таблицы 2 видно, что значения коэффициентов различаются, причем во многих случаях значения оценок незначимы (на пятипроцентном уровне). Так, для Волжского района незначимыми оказались оценки коэффициентов при регрессорах  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_6$ ,  $x_8$ ,  $x_9$  и  $x_{10}$ . Для Кировского района незначимыми оказались оценки коэффициентов при регрессорах  $x_9$  и  $x_{10}$ . Для Октябрьского района незначимой оказалась оценка коэффициента при регрессоре  $x_9$ . Для Фрунзенского района незначимой оказалась оценка коэффициента при регрессоре  $x_6$ . Только в Заводском и Ленинском районе все оценки оказались значимыми. Отрицательные значения некоторых коэффициентов не поддаются разумной интерпретации. Различие построенных моделей также подтверждается тестом Чоу. Добавление фиктивных переменных по районам и перекрестных фиктивных переменных в данную модель сильно увеличит количество регрессоров, что, как следует из общей эконометрической теории, является нежелательным.

Анализ остатков глобальной модели показал наличие автокорреляционной зависимости. После проведения необходимых расчетов было получено, что значение коэффициента пространственной автокорреляции  $\rho=0,79$ . Данная ситуация соответствует общей практике моделирования и вполне согласуется со здравым смыслом: цены ближайших объектов положительно коррелируют между собой. Для исследования пространственной автокорреляции данных оценивались модели авторегрессии.

Сравнительный анализ авторегрессионных моделей и классической модели регрессии показал, что оценки коэффициентов в глобальной регрессионной модели и в моделях с пространственной автокорреляцией практически не различаются. Можно сделать вывод, что применение авторегрессионных моделей не дает какого-либо преимущества по сравнению с классической регрессией. Данные модели только подтвердили наличие пространственной взаимозависимости.

Приходим к выводу, что для выявления локальных особенностей процесса ценообразования недвижимости необходимо использовать модель с эволюционно меняющимися коэффициентами, а именно – модель географически взвешенных регрессоров.

### 5. Выявление пространственных локальных особенностей рынка жилья г.Саратова на основе статистического моделирования методом ГВР, исследование изменения коэффициентов модели стоимости жилой недвижимости

Для статистического исследования локальных особенностей рынка жилья и анализа взаимозависимостей характеристик соседних объектов был применен метод ГВР. Исходные данные были геокодированы через условные координаты объектов, полученные с помощью электронной базы данных «Все города России». С помощью специально разработанной программы в пакете Matlab были рассчитаны все необходимые оценки.

Для построения весовой матрицы использовалась функция «три-куб», в качестве критерия оптимизации ширины «окна» использован критерий взаимной ратификации  $CV$ . Оптимальное число ближайших соседей, дающее минимум критерию оказалось равно 295. Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,83$ .

Для удобства анализа результаты моделирования представлены в виде таблиц, в которых значения оценок коэффициентов усреднены по целым значениям координат, а также представлены в виде диаграмм. Центр города располагается в квадрате  $X=61, Y=32$ .

В таблице 3 и на рисунке 2 представлены усредненные оценки коэффициента регрессии при переменной  $x_1$  «жилая площадь».

Таблица 3 - Зависимость оценок коэффициента регрессии при переменной  $x_1$  «жилая площадь» от координат

		X											
Y		53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
	36		17,3	16,3		23,2	21,3	16,9	16,3				
	35		18,4	20,7	22,6	24,5	18,6			23,6			31,7
	34				22,6	21,9	22,4	27,9		31,5	28,9	31,5	31,9
	33				21,3		22,8	29,8	38,6	36,3		29,8	
	32					26,8	31,5	44,1	54,0	40,7	26,8	26,8	
	31				24,7	29,8	32,7	37,4	42,6	33,1	22,0	25,7	
	30	19,6	24,5	27,0	25,8	27,9	31,2	35,3					
	29	18,2	20,9	25,3	26,0	26,6	24,1						
	28	18,6	19,0	19,6									
	27		18,6										

В центральной части города выделяется квадрат с координатами  $X=60$ ,  $Y=32$  с самыми дорогими квартирами - около 54 тыс. рублей за дополнительный квадратный метр жилой площади. В соседних квадратах стоимость квадратного метра жилой площади превышает 40 тыс. руб. Четко выделяются окраины города, где цена квадратного метра жилой площади порядка 18 тыс. рублей. Прослеживается тренд убывания цены от центра в направлении Ленинского и Заводского районов («северо-запад» и «юго-запад» таблицы 3).

Линии на рисунке 2 соответствуют уровням оценок коэффициента при переменной  $x_1$  «жилая площадь».

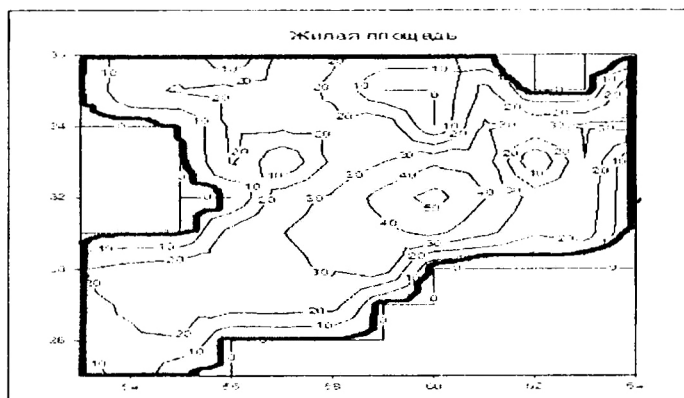


Рисунок 2 - Линии уровней значений оценок коэффициента при переменной  $x_1$  «жилая площадь»

Здесь внешний «жирный» контур схематично обозначает границу г.Саратова. Оценки коэффициента значимы на всей территории.

Исследуем влияние материала изготовления дома на цену квартиры. Согласно глобальной регрессионной модели квартира в кирпичном доме стоит на 38 тыс. руб. дороже аналогичной квартиры в панельном доме. Географический подход показывает, что данная фиктивная переменная является незначимой на всех окраинах города. В центральном районе квадраты, где данная переменная значима, чередуются с квадратами, где она незначима, например квадрат  $X=61$ ,  $Y=33$  и квадрат  $X=60$ ,  $Y=32$ . Это свидетельствует о разнообразии застройки центральных районов города, где у людей имеется больший выбор, и квартира в кирпичном доме стоит на 270 тыс. руб. дороже аналогичной квартиры в панельном доме. Окраины, возможно, такого выбора не предоставляют, и мате-

риал дома не является весомым аргументом ценообразования. Тем не менее, на схеме города выделяется территория (квадраты  $X=55$ ,  $Y=29$  -  $X=59$ ,  $Y=31$ ), где соседствуют кирпичные и панельные дома в достаточном количестве и предпочтение квартире в кирпичном доме оценивается в 40 тыс. руб. и более.

Таким образом, получили, что географический подход позволяет выявлять специфические особенности ценообразования жилой недвижимости, присущие отдельным территориям города, которые нивелируются в общей модели.

#### **6. Обоснование целесообразности использование ГВР для статистического анализа динамики цен жилой недвижимости и исследование территориально-временных тенденций процессов ценообразования**

Для исследования особенностей динамики цен метод ГВР был применен к статистическим данным за три последовательных временных периода - 2006, 2008 и 2010 годы. Анализ изменения индекса 2008/2006 по территории города показывает, что средняя цена квадратного метра жилья увеличилась приблизительно в два-три раза. Причем рост цены на окраинах практически не отличается от роста цены в центре. Тем не менее, можно определить тенденции, присущие отдельным районам. Коэффициент роста в «дорогих» районах (квадраты  $X=61$ ,  $Y=31$ ;  $X=62$ ,  $Y=31$ ;  $X=63$ ,  $Y=31$ ;  $X=61$ ,  $Y=32$ ) оказался одним из самых маленьких, он практически равен коэффициенту на «северо-западной» окраине города и совпадает со средним темпом роста. Данная ситуация свидетельствует о том, что тенденции в этих районах обусловлены общей экономической ситуацией и не имеют локальных особенностей и, как следствие, существенных особенностей развития. Промышленные окраины из-за своего удаленного положения и, очевидно, плохой экологической обстановки, а центр из-за отсутствия территориальных перспектив развития, необходимых современному городу. При этом есть районы на окраинах (квадраты  $X=53$ ,  $Y=29$  и  $X=64$ ,  $Y=34$ ), где коэффициент принимает самое большое значение, и районы, соседствующие с центром (квадраты  $X=61$ ,  $Y=34$  и  $X=57$ ,  $Y=31$ ) также с большим значением коэффициента роста. При этом последний находится по соседству с районами с наименьшим коэффициентом роста, равным 1,9. Зависимость индекса средних цен 2010/2008 от координат представлена в таблице 4. Анализируя данные таблицы 4, можно определить локальные территории максимального снижения средней цены квадратного метра (наибольшего влияния кризиса), например, квадраты  $X=57$ ,  $Y=31$  и  $X=61$ ,  $Y=34$ , а также территории, на которые кризис оказал наименьшее влияние – это квадрат  $X=63$ ,  $Y=32$ . Данная территория менее других подвержена конъюнктурным колебаниям – среднее

значение цены квадратного метра в 2008г. выросло относительно 2006г. всего в два раза.

Таблица 4 – Зависимость индекса средних цен 2010/2008 от координат

		X											
Y		53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
	36		0,82	0,84		0,62	0,76	0,77	0,83				
	35		0,79	0,82	0,85	0,77	0,81			0,76			
	34						0,74	0,78		0,60			0,82
	33						0,80	0,76	0,81	0,94		0,91	
	32						0,79	0,78	0,81	0,87	0,89	1,09	
	31				0,68	0,55	0,63	0,75	0,77	0,82	0,71	0,96	
	30		0,66	0,76	0,79	0,84	0,77						
	29	0,70	0,77	0,69	0,70								
	28		0,75	0,70									
	27		0,82	0,84									

Процесс ценообразования имеет существенные особенности временного развития в различных районах города, как в период роста, так и в кризисные моменты. Динамика цен и влияние отдельных факторов на уровень цен существенно зависят от местоположения объекта на территории города. Метод ГВР позволяет выявлять эти особенности и формулировать прогнозы о ценовых движениях на отдельных территориях города.

Таким образом, разработанная методика и программные средства могут быть рекомендованы для мониторинга рынка недвижимости и принятия управленческих решений в области планирования капитального строительства города.

По теме диссертационного исследования опубликованы следующие работы:

#### **I. В рекомендованных ВАК РФ изданиях:**

1. Харламов, А.В. Оценка коэффициентов линейной регрессии с дополнительными ограничениями / В.Н. Михайлов, А.В. Харламов // Заводская лаборатория. – 2000. - т. 66. - № 11. – С.57-61. (0,6 п.л., авт. 0,3 п.л.)
2. Харламов, А.В. Особенности построения географически взвешенной регрессии для моделирования рынка недвижимости / В.А. Балаш. О.С. Балаш. А.В. Харламов // Вестник Саратовского государственного социально экономического университета. – 2008. – №5 (24). – С.125-127. (0,2 п.л., авт. 0,1 п.л.)
3. Харламов, А.В. Адаптивные методы учета территориальной неоднородности при моделировании цен на недвижимость / О.С. Балаш, А.В.Харламов // Вестник Самарского государственного экономического

университета. – 2009. – №1 (51). – С.147-153. (0,5 п.л., авт. 0,25 п.л.)

4. Харламов, А.В. Техника геокодирования в построении географически взвешенных регрессионных моделей при массовой оценке в условиях неопределенности и неоднородности исходных данных / А.В. Захаров, А.В. Харламов // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2010. – №7. – С.76-85. (0,63 п.л., авт. 0,4 п.л.)

5. Харламов, А.В. Проблемы зонирования пространственных данных при экономико-математическом моделировании / А.В. Харламов // Вестник Российского государственного торгово-экономического университета. – 2011. – №4. – С.93-99. (0,5 п.л.)

6. Харламов, А.В. Проблемы массовой оценки кадастровой стоимости недвижимости / А.В. Харламов // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2011. – №6. – С.71-78. (0,5 п.л.)

7. Харламов, А.В. Эконометрический анализ геокодированных данных о ценах на жилую недвижимость / В.А. Балаш, О.С. Балаш, А.В.Харламов // Прикладная Эконометрика. – 2011. – №2. – С.62-77. (1 п.л., авт. 0,33 п.л.)

8. Харламов, А.В. Исследование динамики цен на жилую недвижимость методом географически взвешенной регрессии / А.В. Харламов // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Экономика. Управление. Право. Выпуск 2. – 2011. – Том 11. – С. 25-29. (0,5 п.л.)

## **II. Монография**

9. Харламов, А.В. Эконометрическое моделирование пространственных данных: монография / О.С.Балаш, А.В.Харламов. – Саратов: Научная книга. – 2010. –112с. (6,5 п.л., авт. 3,25 п.л.)

## **III. Общие публикации:**

10. Харламов, А.В. Линейная регрессия в сложных областях на плоскости / В.Н. Михайлов, А.В. Харламов// Математика. Механика. – Саратов: Изд-во СГУ. Вып.3. – 2001. – С.78-81. (0,25 п.л., авт. 0,13 п.л.)

11. Харламов, А.В. Статистические методы в оценке жилой недвижимости крупного города / О.С. Балаш, А.В. Харламов // Сборник научных трудов «Современные проблемы и тенденции развития коммерции. Сборник научных статей» – Саратов: Изд-во Саратовской губернской торгово-промышленной палаты. – 2004. – С.241-245. (0,3 п.л., авт. 0,15 п.л.)

12. Харламов, А.В. Географический подход при вычислении оценок параметров регрессии / Харламов А.В. // В сборнике научных трудов по итогам научно-исследовательской работы СГСЭУ. – Саратов: Изд-во СГСЭУ, 2005. – С.311-315. (0,3 п.л.)

13. Харламов, А.В. Эконометрический подход к построению геогра-

фически взвешенной регрессии / О.С. Балаш, А.В. Харламов // Сборник научных трудов «Современные проблемы и тенденции развития коммерции». – Саратов: Изд-во Саратовской губернской торгово-промышленной палаты, 2005. – С.281-285. (0,3 п.л., авт. 0,15 п.л.)

14. Харламов, А.В. Особенности исчисления весов в географически взвешенной регрессии / О.С. Балаш, А.Д. Луньков, А.В. Харламов // Современные проблемы и тенденции развития внутренней и внешней торговли: сборник научных статей. – Саратов: Издательство «Научная книга», 2006. – С. 241-246. (0,3 п.л., авт. 0,1 п.л.)

15. Харламов, А.В. Географически взвешенный подход при построении регрессионных моделей / А.Д. Луньков, А.В. Харламов // Математическое и информационное обеспечение экономической деятельности: Альманах. – Саратов: Изд-во СГСЭУ – 2006. – С.40-44. (0,3 п.л., авт. 0,15 п.л.)

16. Харламов, А.В. Географический метод в построении регрессионных моделей / А.В. Харламов // Математика. Механика: сб. науч. тр. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та. Вып.9. – 2007. – С.100-103. (0,25п.л.)

17. Харламов, А.В. Применение географически взвешенной регрессии при моделировании рынка жилья г.Саратова / О.С. Балаш, А.В. Харламов // Современные проблемы и тенденции развития внутренней и внешней торговли: сб. научных статей. – Саратов: Изд-во Научная книга, 2007. – С.291-296. (0,4 п.л., авт. 0,2 п.л.)

18. Харламов, А.В. Географические модели в случае пространственной нестационарности / А.В.Харламов // Математика. Механика: сб. науч. тр. – Саратов: Изд-во Сарат. Ун-та. Вып.10 – 2008. – С.84-87 (0,25 п.л.)

19. Харламов, А.В. Эконометрический подход в моделировании рынка жилья г.Саратова / О.С. Балаш, А.В. Харламов // Современные проблемы и тенденции развития внутренней и внешней торговли: сб. науч. статей. Междунар. науч. конф. – Саратов: Сар.ин-т РГТЭУ, 2008. –Т.2. – С.291-296. (0,4 п.л., авт. 0,2 п.л.)

20. Харламов, А.В. Пространственные взаимозависимости и географическая регрессия / А.В. Харламов // Проблемы синергетики и коэволюции геосфер: материалы Всерос. науч. симпозиума. – Саратов: Изд. Сарат. ин-та РГТЭУ, 2008. – С.334-335. (0,12 п.л.)

21. Харламов, А.В. Методы учета территориальной неоднородности при моделировании социально-экономических процессов / О.С. Балаш, А.В. Харламов // VII Васильевские чтения: материалы научно-практической конференции «Ценности и интересы современного общества». – М.: Изд-во РГТЭУ, 2008 – (0,5 п.л., авт. 0,25 п.л.)

22. Харламов, А.В. Некоторые аспекты применения географически взвешенных моделей / О.С. Балаш, А.В. Харламов // Современные про-

блемы и тенденции развития внутренней и внешней торговли: сб. науч. статей. Междунар. науч. конф. – Саратов: Изд-во Саратов. ин-та РГТЭУ, 2009. – Ч.2. – С.147-153. (0,5 п.л., авт. 0,25 п.л.)

23. Харламов, А.В. Эконометрическое моделирование пространственных данных рынка недвижимости г.Саратова / О.С. Балаш, А.В. Харламов // Поволжский торгово-экономический журнал. – 2009. – №3 (11). – С.6-9 (0,25 п.л., авт. 0,12 п.л.)

24. Харламов, А.В. Проблемы регрессионного анализа в условиях неоднородности пространственных данных: сборник материалов Интернет-конференции «Роль статистики в мониторинге социально-экономического положения регионов в условиях действия Федерального закона от 29 ноября 2007 года № 282 – ФЗ “Об официальном статистическом учете и системе государственной статистики в Российской Федерации»,» / О.С. Балаш, А.В. Харламов – Саратов: Изд-во Саратовстат. – 2009, С.373-375. (0,3 п.л., авт. 0,15 п.л.)

25. Харламов, А.В. Модели пространственной автокорреляции. Актуальные проблемы и перспективы развития государственной статистики в современных условиях: сборник материалов интернет-конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития государственной статистики в современных условиях» / О.С. Балаш, А.В. Харламов – Саратов: Изд-во Саратовстат, 2009. – С.122-124. (0,3 п.л., авт. 0,15 п.л.)

26. Харламов, А.В. Статистический анализ цен на нежилую недвижимость г.Саратова. «Современные проблемы и тенденции развития внутренней и внешней торговли»: сб. науч. статей Междунар. науч. конф. / О.С. Балаш., А.В. Захаров, А.В. Харламов. – Саратов: Изд-во Саратов. ин-та РГТЭУ, 2010. – Ч.2. – С.205-209. (0,3 п.л., авт. 0,1 п.л.)

27. Харламов, А.В. Эконометрический анализ рынка коммерческой недвижимости г.Саратова. Современные проблемы и тенденции развития внутренней и внешней торговли: сб. науч. статей Междунар. науч. конф. / О.С. Балаш., А.В. Захаров, А.В.Харламов // Вып.6 – Саратов: Изд-во Саратов. ин-та РГТЭУ, 2011. – Ч.2. – С.195-199. (0,3 п.л., авт. 0,1 п.л.)







*Научное издание*  
Харламова Александра Владимировича

Статистический анализ пространственно варьирующих данных методом географически взвешенной регрессии на примере рынка жилья г. Саратова

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

---

Подписано в печать 03.02.2012.

Формат 60х84/16 Печать ризограф. Гарнитура Times New Roman

Бумага офсетная Усл.печ.1,4 Тираж 100 экз Заказ № 330

---

ИПК ГОУ ОГУ  
460352 г. Оренбург ГСП пр. Победы, 13  
Государственное образовательное учреждение  
«Оренбургский государственный университет»

10~